

MUAMMO VA MULOHAZALAR

УДК (UDC) 656.21.001.2

PLOTS OF PROJECTED SORTING SELECTION HILL'S THE UNCERTAINTY IN THE FORMULAS OF THE PEAK CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL

Саидвалиев Ш.У.¹
Saidivaliev Sh.U.¹

1 – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)

1 – Tashkent Institute of Railway Engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract: In the article, on the basis of theorems on the change of kinetic energy for a non-free material point in the final form of theoretical mechanics, formulas for determining the braking path of the car in the braking zone of the sorting hill are derived. With a known value of the acceleration during the braking of the car the path of the car braking section can also be determined by the formula of the path of elementary physics. In the article on the basis of the theorem on the change of kinetic energy for a non-free material point in the final form of theoretical mechanics proved incorrect application of the formula of the free fall rate of the body, taking into account the inertia of the rotating parts to determine the speed of the car in the braking zone. The results of the calculated data obtained on the basis of the incorrect formula proved the error of its application for the non-ideal connection.

Key words: Railway, station, marshalling hump, car, the zone of inhibition, acceleration equidistant movement

О НЕКОРРЕКТНОСТИ ФОРМУЛЫ ГОРОЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПРОЕКТИРУЕМЫХ УЧАСТКОВ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

Аннотация: В статье на основе теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме теоретической механики выведены формулы для определения пути торможения вагона в зоне торможения сортировочной горки. При известной величине ускорения при затормаживании вагона путь прохождения вагона участка торможения также можно определить по формуле пути элементарной физики. В статье на основе теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме теоретической механики доказана некорректность применения формулы скорости свободного падения тела с учётом инерции вращающихся частей для определения скорости движения вагона в зоне торможения. Результатами расчётных данных, полученных на основе некорректной формулы, доказано ошибочность её применения для неидеальной связи.

Ключевые слова: Железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, зона торможения, ускорение при равнозамедленном движении

Введение. Настоящая статья является продолжением серии публичной дискуссии [1 – 14], посвященных критической оценке существующих теоретических положений горочных конструктивных и технологических расчётов проектируемых участков сортировочной горки [15 – 26]. Она в основном посвящена обсуждению корректности формулы (2) в [4], которая

«может применяться для расчётов на любых участках [25] с уклоном i сортировочной горки с учетом наличия конкретных величин сопротивления движению w и тормозных характеристик h_T », якобы имеющей развернутый универсальный вид:

$$v_K^2 = v_H^2 + 2g'(i - w)10^{-3} \cdot l - 2g'h_T, \quad (1)$$

где

v_K – скорость вагона в конце расчетного участка горки;

v_H – скорость вагона в начале расчетного участка горки и/или максимально допустимая скорость входа вагона на вагонные замедлители [27];

g' – ускорение свободного падения тела с учетом массы вращающихся частей, м/с²;

i – уклон профиля пути в промилле (т.е. ‰);

w – удельное сопротивление движению, которое отражает параметры обобщенных характеристик современного вагонного парка и сортировочных путей;

l – длина расчетного участка горки;

h_m – мощность тормозных характеристик (согласно табл. 2 в [24] мощность тормозных средств M_{mc}) от горба горки до парковой тормозной позиции, зависящая от типа и количества замедлителей.

По мнению авторов статьи [4] «необходимо и правомерно в дальнейшем сравнивать с формулой (2) в [4] любые новые предлагаемые расчетные модели движения вагонов» (см. второй абзац последней колонки на стр. 36 в [4]). Если формула (2) в [4] окажется математически обоснованной, то она, несомненно, обогащает теорию существующих теоретических положений горочных конструктивных и технологических расчетов проектируемых участков сортировочной горки [15 – 26], а, если окажется ошибочной, то она может нанести вред в теории горочных расчетов.

Для удобства анализа формулы (2) в [4] представим в (1) отдельно уменьшаемые и вычитаемое в виде:

$$v_K^2 = v_H^2 + 2g'(i - w)10^{-3} \cdot l; \quad (2)$$

$$v_{KT}^2 = v_{HT}^2 - 2g'h_T, \quad (3)$$

где

v_{KT} – скорость вагона после оттормаживания, м/с;

$v_{HT} = [v_{BX}] = [v_{BZ}]$ – максимально допустимая скорость входа вагона на вагонные замедлители [27], м/с.

В настоящей статье отметим некорректность вывода вычитаемого в формуле (2) в [4] и/или формулы (3).

О некорректности вывода вычитаемого в формуле (3). Для обоснования неточности вывода вычитаемого в формуле (2) в [4] и/или формулы (3) примем следующее *особое* допущение. Предположим, что на участках тормозных позиций (ТП) горки скольжение колес колесных пар вагона по поверхностям катания рельсовых нитей и обода колес по тормозным шинам вагонного замедлителя происходят из-за того, что вагон входит в зону затормаживания ТП исключительно с начальной скоростью v_{ni} и/или со скоростью выхода вагона из предыдущего участка спускной части горки $v_{вых.(i-1)} = v_{ni}$, пренебрегая при этом проекцией силы тяжести вагона с грузом $G_x = G \sin \psi$ на направление рельсовых нитей, хотя это неверно, и воздействием силы попутного и/или встречного ветра $F_{вх}$.

Исходя из этого, используя математическую запись теоремы об изменении кинетической энергии для несвободной материальной точки в конечной форме теоретической механики (см. стр. 315 в [28], формулу (62.3) в [29]) применительно к участкам тормозных позиций формулу (4) можно представить в виде, учитывая, что для малых углов ψ_i (применительно к профилю спускной части горки $0,05 \leq \psi_i \leq 0,0006$ рад.), $\cos \psi_i = 1$:

$$v_{TKi}^2 = v_{ni}^2 - 2g'f_{тр} l_{Ti}. \quad (4)$$

где

v_{ni} и v_{Ki} – начальная и конечная скорости движения вагона в зоне затормаживания тормозной позиций;

g' – ускорение свободного падения с учётом инерции вращающихся частей [2, 4, 15 – 23, 25, 26], хотя учёт массы вращающихся частей в зоне затормаживания вагона недопустим и/или ошибочен. При выполнении горочных конструктивных и технологических расчётов следовало бы не учитывать момент инерции вращающихся частей вагона без ущерба на точность результатов вычислений с относительной ошибкой 1,8 %;

$f_{тр} = 0,25$ – коэффициент трения для стальных колёс вагона [30];

$l_{тi}$ – путь торможения вагона в зонах затормаживания (ЗТ).

Путь торможения $l_{тi}$ вагона в зонах затормаживания (ЗТ) на участках тормозных позиций (ТП) можно выразить соотношением (см. формулу (8) в [13]):

$$l_{тi} = \frac{h_{тi}}{i_{тi}}, \quad (5)$$

где

$h_{тi}$ – высота участка зоны затормаживания, определяемая по данным $l_{тi}$, которая подлежит отысканию, и $i_{тi}$, а, согласно пп. 6.4 в [22], это потребная расчётная мощность тормозных позиций и/или нормируемая величина, т.е. $h_{тi} = [h_{тi}]$;

$i_{тi}$ – уклон участка тормозных позиций, рад., принимаемый согласно рекомендации [17, 22]. Например, для первой тормозной позиций (1ТП) – $0,012 \leq i_{т1} \leq 0,015$, для второй (пучковой) тормозной позиций (2ТП) – $0,010 \leq i_{т2}$ и для парковой (пучковой) тормозной позиций (3ТП) – $0,0015 \leq i_{т3}$.

С учетом (5) формуле (4) придадим вид:

$$v_{ки}^2 = v_{ни}^2 - 2gf_{тр} \frac{h_{тi}}{i_{тi}}. \quad (6)$$

Как видно, формула (6) существенно отличается от формулы (4) и/или вычитаемой формулы (2) в [4], наличием уклона участка тормозных позиций $i_{тi}$ и коэффициента трения скольжения $f_{тр}$ поверхностей катания колес и рельсовых нитей, а также контактирующих поверхностей обода колес и тормозных шин вагонного замедлителя, что и требовалось отметить некорректность вывода формулы (3), умалчивая о нелепости математической записи формулы (2) в [4] в универсальном виде.

Ошибка вычитаемого в формуле (2) в [4] состоит в том, что (см. также в [5]):

во-первых, в использовании несовместимой по физическому смыслу понятие *идеальной* связи к решению задачи для *неидеальной* связи (см. [7]), каковыми являются рельсовые нити, поскольку это противоречит классическим принципам теоретической механики [28, 29];

во-вторых, в ней ускорение свободного падения g найдено с учетом инерции вращающихся частей g' , что особенно недопустимо для участков тормозных позиции, если учесть, что авторы статьи [4], видимо, сильно постарались остановиться на принципиально важных вопросах контраргументов (см. первый абзац первой колонки на стр. 36 в [4]);

в-третьих, в ней пренебрегли коэффициентом трения скольжения $f_{тр}$ поверхностей катания колес и рельсовых нитей, а также трением обода колес о поверхности тормозных шин вагонного замедлителя, умалчивая о принадлежности рельсовых нитей к неидеальным связям.

Как видно, в рекомендованном для сравнения при выполнении горочных конструктивных и технологических расчетов по ошибочной формуле (4) линейное ускорение при равнозамедленном движении вагона в зоне затормаживания на участках ТП с некорректно включенного в ней вычитаемого формулы (2) в [4], как и в формуле (3) для идеальной связи, зависит лишь от удвоенной величины ускорение свободного падения тела с учетом инерции вращающихся частей g' , которое применимо к идеальной связи (см. третий абзац последней колонки на стр.36 в [4]), т.е.

$$a_{кт} = f(2g'), \quad (7)$$

в то время как, согласно формуле (4), оно должно зависеть ещё от коэффициента трения скольжения $f_{тр}$ контактирующих поверхностей, как неидеальных связей (для сравнения см. соотношение (8) в [5]), т.е.

$$a_{кт} = f(2g', f_{тр}). \quad (8)$$

Отсюда очевидным становится то, что результаты аналитических исследований по доказательству некорректности математической записи формулы (2) в [4] в универсальном виде, позволяют утверждать о необходимости и правомерности применения для горочных конструктивных и технологических расчётов в зоне затормаживания тормозных позиций:

– для расчёта времени затормаживания $t_{зат\ i}$ вагона формулу (10) в [5] и следующих формул (здесь вывод этих формул опущен)

$$t_{ti} = \frac{v_{н.ти}}{g(f_T \cos \psi_i - \sin \psi_i)}; \quad (9)$$

$$t_{ti} = \frac{v_{н.ти}}{|a_{ti}|}, \quad (10)$$

где

$|a_{ti}|$ – ускорение вагона с замедлением в зонах затормаживания вагонного замедлителя:

$$|a_{ti}| = g(i_{т0.ти} - |w_{ti}|) \quad (11)$$

с учетом того, что в ней обозначено:

g – ускорение свободного падения тела;

$i_{т0.ти}$ – безразмерная величина, условно характеризующая обозначение уклона профиля горки на участках ТП при учете воздействия проекции силы попутного ветра $F_{вхв}$ долях от силы тяжести вагона с грузом совместно с не вращающимися частями (тележка, кузов вагона) G_1 ;

$|w_{ti}|$ – отвлеченное число и/или безразмерная величина, условно характеризующая обозначение удельного сопротивления движению всякого рода в зонах затормаживания на участках ТП в долях от силы G_1 ;

– для вычислений пути торможения l_{ti} вагона с приемлемой для инженерных расчётов точностью (до 10 %) может быть найден также формулу (7 а), (11) в [5], (7) в [11] и следующие формулы (здесь вывод этих формул опущен)

$$l_{ti} = v_{н.ти} t_{ti} + \frac{1}{2} g (\sin \psi_i - f_T \cos \psi_i) t_{ti}^2, \quad (12)$$

$$l_{ti} = \frac{v_{н.ти}^2}{2g(f_T \cos \psi_{ti} - \sin \psi_{ti})}. \quad (13)$$

Отсюда ясно очевидность неподкрепленного ни аналитически и, тем более, ни расчетами мнения авторов статьи [4] о том, что «формула (2) в [4] может применяться для расчётов на любых участках с уклоном сортировочных горок с учётом наличия конкретных величин тормозных характеристик h_T » (см. первый абзац последней колонки на стр. 36 в [4]) является возмутительным.

Как видно, недоказательное утверждение авторов статьи [4] о том, что «необходимо и правомерно в дальнейшем сравнивать с формулой (2) в [4] любые новые предлагаемые расчётные модели движения вагонов», по крайней мере, неуместно (см. второй абзац последней колонки на стр. 36 в [4]).

Для примера выполним сравнительный расчёт скорости скольжения вагона на участках тормозных позиций (ТП) по корректной формуле (4) и по абсурдной формуле (3), как вычитаемом в формуле (2) в [4].

ПРИМЕРЫ РАЧЕТОВ

Пример расчёта 1. Для примера исследуем участок второй тормозной позиции (2ТП). Исходные данные таковы: $v_{н2т} = 3,879$ – скорость входа вагона для примера на участок 2ТП (принято из результатов расчёта предыдущих участков), м/с; $g' = 9,611$ – ускорение свободного падения тела с учетом массы вращающихся частей (при $G_1 = 794$ кН и/или 80,94 тс), м/с²; $h_{т2} = 2,6$ – мощность участка 2ТП (согласно пп. 6.4 в [22] потребная расчётная мощность для второй (пучковой) тормозной позиций на горке ГБМ $h_{т2} \geq 2,5$ м.э.в. при входе на эту тормозную позицию очень хорошего бегуна при наибольшей допустимой скорости входа $v_{вх} = 7,0$ м/с и $h_{т2} \geq 3,2$ м.э.в. – при $v_{вх} = 8,0$ м/с; $i_2 = 0,010$ – уклон участка 2ТП горки, рад.

Результаты расчёта [31]. 1) Вычисление скорости скольжения вагона при затормаживании по формуле (4) и/или (6), а также по некорректной формуле (3) и/или по вычитаемой формулы (2) в [4] дают комплексный результат, м/с: $v_{т2} = i(v_{т2}) = 0,511i$ – мнимые части чисел $v_{т2}$

(i – мнимая единица, поскольку $i^2 = -1$) [32]; $v_{т21} = I(v_{т21}) = 6,113i$, что подтверждают нецелесообразность их использования в горочных расчётах.

2) Скорость скольжения вагона $v_{т2}$, подсчитанная по некорректной формуле (3) и/или по вычитаемой формулы (2) в [4] при скорости входа вагона на исследуемый участок 2ТП $v_{вх.2} < 3,4705$, равна $0,025$ м/с.

3) При вариации значения начальной скорости движения вагона $v_{н2т}$ в пределах от 3 до 5,0 м/с шагом $\Delta v_{н2т} = 0,125$ при $f_{1ск} = 0,25$ (коэффициент трения скольжения) и $i_{2т} = 10$ ‰, можно предвидеть изменение $v_{т02} = f(v_{н02т})$, график которого представлено на рис. 1.

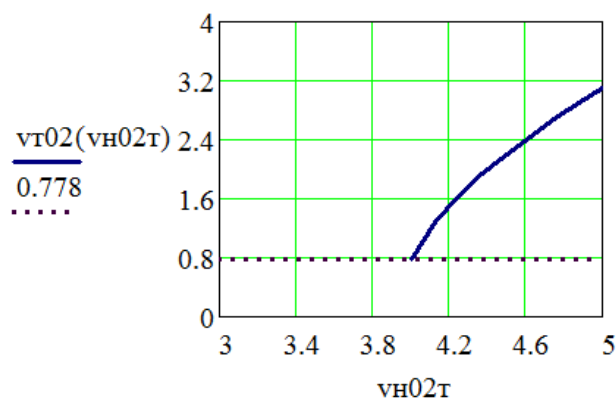


Рис. 1. Графическое изменение $v_{т02} = f(v_{н02т})$

Из графика ясно, что значение скорости скольжения вагона на расчётном участке $v_{т2}$, вычисленная по формуле (4), имеет место только, начиная с $v_{н2т} = 3,9237$ м/с, где $v_{т2} = 0,021$ м/с, а при $v_{н2т} < 3,938$ м/с получается комплексный результат: $v_{т2} = I(v_{т2}) = 0,019i$ м/с – мнимые части чисел $v_{т2}$ (где i – мнимая единица [32]), который означает отсутствие потери физического смысла вести расчёт при заданных исходных данных задачи.

При $v_{н2т} \geq 3,924$ м/с происходит увеличение скорости скольжения вагона в зоне затормаживания на участке второй тормозной позиции $v_{т2т}$.

Таким образом, результаты выполненных примеров расчета скорости движения вагона в зоне затормаживания на участках тормозных позиции основательно подтверждает использования формулы (4) и/или (5) (и/или вычитаемого в (2) в [4]) в горочных расчётах бессмысленными.

Выводы.

Анализируя результаты вычислений скорости скатывания вагона на первом скоростном (СК1) сортировочном пути горки, можно отметить о нецелесообразности применения при горочных расчётах формулы (2), как части формулы (2) (без некорректно включенного вычитаемого) в [4] для всех участков профиля горки.

Обобщая результаты анализа расчётных данных, выполненных на основе формулы (2) и/или уменьшаемого в (2) в [4], можно отметить, что эти расчётные данные подтверждают сомнительность её использования в горочных расчётах из-за незначительного влияния на величину скорости скатывания вагона удельного сопротивления движению вагона w_t .

Исходя из этого, можно констатировать, что аргументированность рассуждений авторов статьи [1, 3 – 14] о целесообразности внесения корректив в нормативно-технические документы по проектированию сортировочных устройств на железных дорогах [22] и в соответствующие разделы учебников для студентов железнодорожных вузов [15 – 20, 23, 25, 26], вряд ли требует дополнительных обсуждений среди широкого круга специалистов, занимающихся горочными конструктивными и технологическими расчётами.

Литература

1. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2015, № 3 (237). - С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.
2. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). □ С. 19-28. ISSN 2072-8115.
3. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2016, № 10 (256). □ С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.
4. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 2 (272). - С. 35-38. ISSN 2072-8115.
5. Туранов Х. Т. Математическое описание движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт Урала. 2018. № 2 (57). С. 3-8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.
6. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 7. С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
7. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть I) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2018, №9 (279). С. 23-28. ISSN 2072-8115.
8. Туранов Х.Т. К критическому анализу теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 11. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
9. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть II) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. 2018. №12 (282). С. 12-18. ISSN 2072-8115.
10. Khabibulla Turanov, and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind // MATEC Web of Conferences 216, 02027 (2018) Politransport Systems – 2018. 1-7 p.
11. Саидивалиев Ш.У. О подходе к определению некоторых кинематических параметров движения вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.У. Саидивалиев // International Journal of Advanced Studies. 2018, Vol 8, №4. С. 122 - 136. DOI: 10.12731/2227-930X-2018-4-122-136. ISSN 0236-1914.
12. Sh.U Saidivaliyev. To the movement of the car on the site of the first brake hump yard of positions / Sh.U Saidivaliyev // Journal of TIRE, 2019. №2. pp. 72-83. ISSN 2091-5365.
13. Саидивалиев Ш.У. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 5. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
14. Туранов Х.Т. О движении вагона на скоростных участках сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Х.Х. Джалилов // Транспорт Урала. 2019. № 1 (60). С. 18-23. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-18-23. ISSN 1815-9400.
15. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
16. Федотов Н.И. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок: пособие / Н.И.Федотов, А.М. Карпов. – Новосибирск: НИИЖТ, 1960. 123 с.
17. Земблинов С.В. Станции и узлы / С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М.: Всесоюз. изд.-полиграфич. объедин. МПС., 1963. 348 с.
18. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский; Под ред. В.М. Акулиничева, Н.Н. Шабалина – М.: Транспорт, 1980. 479 с.
19. Акулиничев В.М. Расчёт и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учебн. пособ. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий. – М.: МИИТ, 1981. 61с.

20. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко. Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. 480 с. (С.207 – 253).
21. Prokop, J&Myojin, Sh. Desing of Hump Profile in Railroad Classification Yard. Memoirs of the Faculty of Engineering. Okayama University. 1993. Vol. 27. No. 2. P.41-58. Available at: http://ousar.lib.okayama_u.ac.jp/file/15404/Mem_Fac_Eng_OU_27_2_41.pdf.
22. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. – 168 с.
23. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчёты): Учебное пособие для вузов ж. – д. трансп. / Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Е.В. Архангельский и др.; Под ред. Н.В. Правдина и В.Г. Шубко. – М.: Маршрут, 2005. 502 с.
24. Инструкция по расчёту максимально допустимой длины отцепа при роспуске на сортировочных горках (Утверждён 24.12.2012). – М.: ОАО «РЖД», 2012. 10 с.
25. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник / Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Голович и др.; под ред. Н.В. Правдина и С.П. Вакуленко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 1086 с.
26. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 855 с.
27. Кобзев В.А. Технические средства сортировочных горок, обеспечивающие безопасность движения. Часть 1. Учебное пособие / В.А. Кобзев. – М.: МИИТ, 2009. 92 с.
28. Суслов Г.К. Теоретическая механика / Г.К. Суслов. Под редакцией Н.Н. Бухгольца и В.К. Гольцмана. – М. – Л.: ГИТТЛ, 1946. – 647 с.
29. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Учебн. для тех. вузов / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – СПб.: Изд-во «Лань», 1998. 768 с.
30. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. М.: Высш. шк., 1998. 416 с.
31. Расчёты и проектирование железнодорожного пути: Учебник для студентов вузов ж.д. трансп. / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др.; Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонova. – М.: Маршрут, 2003 486 с.
32. Макаров Е.Г. Mathcad: Учебный курс (+CD). СПб.: Питер, 2009. 384 с.

References

1. Turanov Kh. T. Some problems of theoretical prerequisites for the dynamics of rolling the car on the slope of the sorting hill / Kh. t. Turanov, A. A. Gordienko / / Bulletin of transport information, 2015, no. 3 (237). - Pp. 29-36. ISSN 2072-8115.
2. Rudanovsky V. M. on an attempt to criticize the theoretical positions of the dynamics of rolling the car on the slope of the sorting hill / V. M. Rudanovsky, I. p. Starshov, V. A. Kobzev / / Bulletin of transport information. 2016. No. 6 (252). C. pp. 19-28. ISSN 2072-8115.
3. Turanov Kh. T. on an attempt to prove a new approach to the study of the movement of the car on the descending part of the sorting hill / Kh. t. Turanov, A. A. Gordienko / / Bulletin of transport information, 2016, no. 10 (256). C. p. 19-24. ISSN 2072-8115.
4. Bozoisky Y. O. To the question of the movement of the carriage on the incline railway tracks / Jo Posolski, V. A. Kobzev, I. P. Older, Rudanovsky V. M. // Bulletin of transport information. 2018. No. 2 (272). - Pp. 35-38. ISSN 2072-8115.
5. Turanov H. T. a Mathematical description of the motion of the car on sites of break positions hump / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko // Transport of Ural. 2018. No. 2 (57). Pp. 3-8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.
6. Turanov Kh. t., Gordienko A. A., Molchanova O. V. Selection of the rational mode of dissolution of the "very bad runner" from the sorting hill / / Transport: science, technology, management. 2018, No. 7. P. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
7. Turanov Kh. t. Critical analysis of the theoretical positions of the car movement from the sorting hill (Part I) / Kh. t. Turanov, A. A. Gordienko / / Bulletin of transport information, 2018, no. 9 (279). Pp. 23-28. ISSN 2072-8115.

8. Turanov H. T. a critical analysis of the theoretical tenets of the movement of the carriage with the hump / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko, S. B. dzhabborov // Transport: science, technique, management. 2018, No. 11. P. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
9. Turanov Kh. t. Critical analysis of the theoretical positions of the car movement from the sorting hill (part II) / Kh. t. Turanov, A. A. Gordienko / / Bulletin of transport information. 2018. No. 12 (282). Pp. 12-18. ISSN 2072-8115.
10. Khabibulla Turanov, and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind / / MATEC Web of Conferences 216, 02027 (2018) Politransport Systems – 2018. 1-7 p.
11. Saidivaliev sh. U. on the approach to determining some kinematic parameters of car movement on the brake positions of sorting slides / Kh. t. Turanov, A. A. Gordienko, sh. U. Saidivaliev / / International Journal of Advanced Studies. 2018, Vol 8, no. 4. P. 122 - 136. DOI: 10.12731/2227-930X-2018-4-122-136. ISSN 0236-1914.
12. Sh.U Saidivaliyev. To the movement of the car on the site of the first brake hump yard of positions / Sh.U Saidivaliyev // Journal of TIRE, 2019. No. 2. pp. 72-83. ISSN 2091-5365.
13. Saidaliev S. W. sliding wheel pairs of the car at braking positions of hump yards / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko, S. B. dzhabborov, S. W. Saidvaliev // Transport: science, technique, management. 2019, No. 5. P. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
14. Turanov H. T. On the motion of the car on high-speed sections hump / Kh. T. Turanov, A. A. Gordienko, H. H. Jalilov // Transport of Ural. 2019. No. 1 (60). Pp. 18-23. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-18-23. ISSN 1815-9400.
15. Obrazov V. N. Stations and nodes. part II / V. N. Samples. - Moscow: Transzheldorizdat, 1938. 492 PP.
16. Fedotov N. I. Design of mechanized and automated sorting slides: a manual / N. I. Fedotov, a.m. Karpov. - Novosibirsk: NIIT, 1960. 123 p.
17. Sembinov S. V. Stations and hubs / C. V. Sembinov, I. Strakowski. - Moscow: All-Union. ed.-polygraph. United. IPU., 1963. 348 PP.
18. Savchenko I. E. Railway stations and junctions: studies. for universities of railway transport. / I. E. Savchenko, S. V. Zemblinov, I. I. Strakovsky; edited by V. M. Akulinichev, N. N. Shabalina-M.: Transport, 1980. 479 PP.
19. Akulinichev V. M. Calculation and design of sorting slides of large and medium capacity: textbook. no. for universities of railway transport. / V. M. Akulinichev, L. P. Kolodiy. - M.: engineering, 1981. 61C.
20. Railway stations and junctions: studies. for universities of railway transport. / V. M. Akulinichev, N. V. Pravdin, V. Ya. Bolotny, I. E. Savchenko. Under the editorship of V. M. Akulinichev. - Moscow: Transport, 1992. 480 p. (Pp. 207 – 253).
21. Prokop, J & Myojin, Sh. Desing of Hump Profile in Railroad Classification Yard. Memoirs of the Faculty of Engineering. Okayama University. 1993. Vol. 27. No. 2. P. 41-58. Available at: http://ousar.lib.okayama-u.ac.jp/file/15404/Mem_Fac_Eng_OU_27_2_41.pdf.
22. Rules and norms for designing sorting devices on Railways with a gauge of 1,520 mm. - M.: TECHINFORM, 2003. - 168 p.
23. Railway stations and junctions (tasks, examples, calculations): textbook for universities of railway transport. / N. V. Pravdin, V. G. Shubko, E. V. Arkhangelsk, etc.; edited by N. V. Pravdin and V. G. Shubko. - M.: The Route, 2005. 502 PP.
24. Instructions for calculating the maximum allowable detach length when disbanding on sorting slides (Approved 24.12.2012). - Moscow: Russian Railways, 2012. 10 s.
25. Design of railway transport infrastructure (stations, railway and transport nodes): textbook / N. V. Pravdin, S. p. Vakulenko, A. K. Golovich, etc.; edited by N. V. Pravdin and S. P. Vakulenko. - M.: FEDERAL state budget institution "Training center on education on railway transport", 2012. 1086 PP.
26. Railway stations and junctions: textbook / V. I. Apattsev et al.; edited by V. I. Apattsev and Yu. I. Efimenko. - M.: FEDERAL state budget institution "Training center on education on railway transport", 2014. 855 PP.
27. Kobzev V. A. Technical means of sorting slides that ensure traffic safety. Part 1. Training manual / V. A. Kobzev. - Moscow: MIIT, 2009. 92 PP.

28. Suslov G. K., Theoretical mechanics / G. K. Suslov. Edited by N. N. Buchholz and V. K. Goltzman. - M.-L: gittl, 1946. – 647 p.
29. Yablonsky A. A. Course of theoretical mechanics. Educational. for technical universities / A. A. Yablonsky, V. M. Nikiforova. – SPb.: LAN publishing house, 1998. 768 PP.
30. Targ S. M. Short course of theoretical mechanics: textbook for higher education institutions. M. M: Higher. SHK., 1998. 416 PP.
31. Calculations and design of a railway track: a Textbook for students of railway transport universities. / V. V. Vinogradov, A. M. Nikonov, T. G. Yakovleva, etc.; edited by V. V. Vinogradov and A. M. Nikonov. - Moscow: Route, 2003 486 p.
32. Makarov E. G. Mathcad: Training course (+CD). □ SPb.: Peter, 2009. 384 PP